



Title	Magnetoelectric Detection and Control of Glass States in $\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$
Author(s)	山口, 泰弘
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59852
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【65】

氏 名	山 口 泰 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (理学)
学 位 記 番 号	第 2 6 1 1 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 25 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学 位 論 文 名	Magnetoelectric Detection and Control of Glass States in $Ni_xMn_{1-x}TiO_3$ ($Ni_xMn_{1-x}TiO_3$ における電気磁気結合を用いたガラス状態の検出および制御)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 木 村 剛 (副査) 教 授 北 岡 良 雄 教 授 小 口 多 美 夫 教 授 川 村 光

論 文 内 容 の 要 旨

近年、磁性と誘電性の結合現象（電気磁気結合）が基礎科学と応用の両観点から注目を集めている。近年の精力的な研究により、複数のスピンの角運動量によって定義される、多スピン変数と呼ばれる秩序変数が電気磁気結合をもたらすことが明らかとなっている。通常、電気磁気結合は長距離磁気秩序に伴って発現する。しかしながら、電気磁気結合をもたらす多スピン変数は、磁気的な長距離秩序がない系においても有限になることが期待でき、理論的にも新たな相転移として提案されている。そこで本研究では、磁気的な長距離秩序を伴わない、多スピン変数による新規電気磁気結合の発見、その電気磁気特性と起源の実験的解明を目的とした。

研究対象として、ランダム磁性体である XY のスピングラス磁性体 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ と Ising のスピングラス磁性体である $Fe_{1-x}TiO_3$ を研究対象とした。フローティングゾーン法により単結晶試料を育成した。その単結晶試料を用いて直流/交流磁化測定・交流誘電率測定・電気分極測定・比熱測定を行い、物性を詳細に調べた。

磁気・誘電測定および比熱測定により、 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ において長距離秩序を伴わない一次の電気磁気効果（印加磁場による電気分極の誘起、および印加電場による磁化の誘起）が発現することを発見した。詳細な磁場中相図を決定することにより、電気磁気効果が磁気モーメントの XY 成分の凍結に伴って起こることを実験的に示した。この電気磁気効果の起源をトロイダルモーメントと呼ばれる多スピン秩序変数を用いることで説明した。さらに、 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ における電気磁気効果が顕著な冷却電磁場依存性を示すこと、メモリー効果と呼ばれるガラス系特有の現象を示すことを発見し、新規なガラス状態の実現を提案した。これらの結果から、ガラス状態の電磁場を用いた制御、および誘電測定を用いた検出方法を議論した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

磁気的なフラストレーションを内包する磁性体では、スピカイラリティなどしばしば新たな多スピン自由度が現れる。これらの多スピン自由度の代表的なものとして、空間（時間）反転の破れを生み出すベクトル（スカラー）スピカイラリティや空間および時間反転がともに破れたトロイダルモーメントが発見される。これらの対称性の破れを反映して、多スピン自由度が起源となる新たな磁気相転移や電気磁気応答が発見することがある。通常、電気磁気結合は長距離磁気秩序に伴って発現する。しかしながら、電気磁気結合をもたらす多スピン変数は、磁気的な長距離秩序がない系においても有限になることが期待でき、理論的にも新たな相転移として提案されている。本論文では、磁気的な長距離秩序を伴わない、多スピン変数による新規電気磁気結合の発見、その起源の実験的解明を目的としている。ランダム磁性体である XY 的スピングラス系 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ を研究対象物質とし、単結晶育成、直流/交流磁化測定、交流誘電率測定、電気分極測定、比熱測定を様々な磁場下で行うことにより、その物性を詳細に調べている。その結果、ランダム磁性体においてはそれまでほとんど観測されなかった電気磁気結合の観測、そのガラス的な振る舞いの観測、および電磁場を用いたガラス凍結状態の制御に成功した。さらに、その起源として、トロイダルモーメントによる新規なガラス状態「トロイダルガラス」という概念を提唱した。本論文の内容を要約すると以下の通りである。

- (1) 第 1 章では、イントロダクションとして、電気磁気効果、マルチフェロイクス、トロイダルモーメント、スピングラスおよび本論文で取り扱ったイルメナイト構造を持つ XY 的スピングラス系 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ についてのこれまでの研究の沿革を整理したうえで、本研究の目的を述べている。
- (2) 第 2 章では、研究手法の説明を行い、フローティングゾーン法を用いての単結晶育成ならびにその物性測定に関する手順および原理の詳細を述べている。
- (3) 第 3 章では、 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ における磁化率、誘電率、および比熱測定の結果を示し、ランダム磁性体 XY 的スピングラス系における電気磁気結合の発見を報告し、その起源を多スピン自由度「トロイダルモーメント」の偏極によるものであると提案している。
- (4) 第 4 章では、同物質における詳細な電気磁気相図を示し、前章で報告された磁気および誘電異常の関連性を議論している。
- (5) 第 5 章では、同物質における電気磁気結合のガラス的な特徴（冷却時の履歴依存性、メモリー効果など）の発見、さらにはガラス凍結状態の電気的・磁気的摂動による制御に関して報告している。
- (6) 第 6 章では、本研究論文が総括されている。

以上のように、本論文研究では、 $Ni_{1-x}Mn_xTiO_3$ における磁気的・電気的物性の詳細を調べ、さらにそれらを総合的に議論することにより、ランダム磁性体 XY 的スピングラス系における電気磁気結合という従来とは異なる電気磁気効果の発見という成果に至っている。これらの結果は、同研究分野の新たな局面を切り拓いたものとみなされる。よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。